COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-ONZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1940**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES-RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1940

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCES DES LUNDIS 8, 15 ET 22 JUILLET 1940.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les déformations d'origine électrique et magnétique.* Note [1] de M. LOUIS ROY.

Considérons un solide élastique en équilibre, électrisé et diélectrique. P. Duhem [2] a exposé la théorie des déformations infiniment petites d'un tel solide supposé parfaitement doux, en partant de l'équation générale de l'équilibre

$$(1) \qquad \delta\mathcal{T}_e - \delta_T\left(\mathcal{F}_0 + W + \int F\, d\varpi\right) = 0,$$

$\delta\mathcal{T}_e$ désignant le travail virtuel des forces extérieures, $\mathcal{F}_0$ le potentiel

---

[1] Séance du 10 juin 1940.

[2] P. DUHEM, *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, 2, p. 442.

thermodynamique interne du système supposé ramené à l'état neutre et dépolarisé, W son énergie électrique et F une fonction des composantes A, B, C de l'intensité de polarisation diélectrique J en un point, ainsi que des six déformations infiniment petites ∂_i, g_i en ce point; l'intégration s'étend au volume polarisé ϖ et l'indice T indique une variation isothermique.

Le développement de l'égalité (1) fournit à la fois les équations de l'équilibre électrique et mécanique. En particulier, les équations de l'équilibre mécanique du diélectrique considéré sont celles de la théorie classique de l'Élasticité, écrites en ajoutant à la force extérieure par unité de volume la force par unité de volume de composantes

$$(2) \qquad Xe - X\frac{\partial A}{\partial x} - Y\frac{\partial B}{\partial x} - Z\frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial N'_1}{\partial x} + \frac{\partial T'_3}{\partial y} + \frac{\partial T'_2}{\partial z}, \quad \ldots$$

et en ajoutant à la pression extérieure la pression de composantes

$$(3) \qquad X\sigma + \alpha[-2\pi\varepsilon(\sigma + \Sigma)^2 - |AX| + N'_1] + \beta T'_3 + \gamma T'_2, \ \ldots,$$

(X, Y, Z) désignant le champ électrique au point (x, y, z); e, σ les densités cubique et superficielle de la distribution électrique réelle; ε la constante fondamentale des actions électrostatiques; Σ la densité superficielle de la distribution fictive équivalente de la polarisation diélectrique; $|AX|$ le produit scalaire des vecteurs (A, B, C) et (X, Y, Z); α, β, γ les cosinus directeurs de la demi-normale intérieure en un point de la surface S du corps et où l'on a posé

$$N'_i = \frac{\partial F}{\partial \partial_i} + F, \qquad T'_i = \frac{\partial F}{\partial g_i} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

D'autre part les composantes X, Y, Z en un point M de S, qui figurent dans (3), sont les limites vers lesquelles tendent ces mêmes composantes en un point M′ intérieur à S, quand M′ tend vers M.

Si le solide élastique considéré est à la fois diélectrique et magnétique, aux fonctions W et F de l'équation (1) s'ajoutent deux fonctions respectivement analogues $\mathcal{W}$ et $\mathcal{F}$. De même, aux composantes (2) et (3), s'ajoutent des composantes de même forme, soit (2′) et (3′), obtenues en faisant dans les premières $(e, \sigma) = 0$ et en y remplaçant les autres termes X, ...; A, ...; N'_1, ...; ε, Σ par leurs analogues $\mathcal{X}$, ...; $\mathcal{A}$, ...; $\mathcal{N}'_1$, ...; ε', $\mathcal{S}$ de la théorie du magnétisme.

Comme, d'autre part, des déformations infiniment petites imprimées à un corps élastique ne modifient qu'infiniment peu sa distribution électrique et magnétique, on peut, sans erreur sensible, calculer les déformations en substituant aux actions électriques et magnétiques effectives (2), (3) et (2'), (3') celles qui résulteraient de la distribution électrique et magnétique déterminée dans l'hypothèse d'un corps rigide.

Dans le cas de l'isotropie, la fonction F est de la forme ([3])

$$\mathrm{F} = (\mathrm{f} + \mathrm{g}\Theta)\mathrm{J}^2 + \mathrm{h}\,|\,\mathrm{A}^2\partial_1 + \mathrm{BC}g_1\,|,$$

$\Theta = |\partial_1|$ étant la dilatation cubique et f, g, h trois fonctions de J, qu'on peut traiter comme des constantes (approximation de Poisson), par suite de la très faible variation du coefficient de polarisation diélectrique k, ou du pouvoir inducteur spécifique $\mathrm{K} = 1 + 4\pi\varepsilon k$ en fonction du champ.

Il n'en est plus de même, du moins en ferromagnétisme, des trois fonctions analogues f, g, h de l'intensité d'aimantation $\mathcal{J}$, qu'introduit la fonction $\mathcal{F}$.

Les fonctions f, f sont très suffisamment connues, car, si l'on néglige les déformations, c'est-à-dire si l'on réduit F à son terme principal fJ^2, f devient l'inverse de $2k$ dans l'approximation de Poisson. De même, mais sans cette approximation qui n'est plus valable en ferromagnétisme, on reconnaît qu'on a

$$(4)\qquad \frac{f}{\varepsilon'} = 4\pi\frac{\alpha m - \frac{1}{2}}{(m-1)^2}, \qquad \text{avec} \qquad \alpha = \frac{1}{\mathcal{B}\mathcal{H}}\int_0^{\mathcal{B}} \mathcal{H}\, d\mathcal{B},$$

m étant la perméabilité, $\mathcal{H}$ et $\mathcal{B}$ le champ et l'induction magnétiques.

Par suite de la petitesse des déformations d'origine électrique et magnétique, les autres fonctions g, h et g, h, qu'on n'a pourtant aucune raison *a priori* de supposer d'un ordre de grandeur inférieur à f et f, paraissent avoir jusqu'ici à peu près échappé à l'expérience. Cependant les quelques cas particulièrement simples de déformations, déjà traités par bien des auteurs et repris à partir des principes très sûrs qui viennent d'être rappelés, mettent en évidence les nombres (g, h)/ε et (g, h)/ε', donc permettraient peut-être de les déterminer.

([3]) P. Duhem, *loc. cit.*, p. 338.

M. Louis de Broglie s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *La Mécanique ondulatoire du photon. Une nouvelle théorie de la Lumière*. Tome I. *La Lumière dans le vide*, que je viens de publier.

Depuis plusieurs années, je poursuis des recherches dont le but est de faire rentrer d'une façon complète la théorie de la Lumière conçue comme une théorie des photons dans le cadre de la Mécanique ondulatoire générale.

Cette nouvelle théorie de la Lumière doit satisfaire à des conditions très diverses. Elle doit fondre le caractère ondulatoire et le caractère corpusculaire de la Lumière, c'est-à-dire concilier les ondes de Fresnel avec les photons, dans le cadre aujourd'hui bien connu de la Mécanique ondulatoire. Mais ce n'est pas tout. Il lui faut rendre compte de l'aspect électromagnétique de la Lumière et de ses propriétés de polarisation. Il lui faut rejoindre les conclusions obtenues par d'autres voies en théorie quantique des champs électromagnétiques. Cette tâche très complexe et très étendue peut être aujourd'hui regardée comme en grande partie effectuée par la Mécanique ondulatoire du photon telle que je l'ai développée dans ces dernières années. C'est cette théorie dont j'ai voulu donner un exposé général et cohérent remplaçant les exposés fragmentaires et indépendants que j'avais antérieurement donnés. Le livre que je vous présente aujourd'hui contient la première partie de cet exposé, celle qui est relative aux propriétés de la Lumière dans le vide.

La deuxième partie, celle qui est relative aux interactions entre lumière et matière, est en cours de rédaction et j'espère qu'elle pourra paraître prochainement.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE. — *Équilibres limites de certains milieux indéfinis, dans le cas d'une courbe intrinsèque quelconque*. Note [1] de M. André Charrueau, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note fait suite à une autre [2] dont nous *conservons les notations*.

---

[1] Séance du 3 juin 1940.

[2] *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 624 et 625.

Le milieu est supposé *non pesant* et la courbe intrinsèque Γ est quelconque. Étudions, à titre d'exemple, le problème suivant, intéressant au point de vue pratique : les deux demi-plans P et P′ appartiennent à un même plan et les contraintes constantes agissant sur P et P′ sont normales; la première, p_0, est donnée; la deuxième, p, est à calculer. Considérons, dans le milieu indéfini, un demi-plan perpendiculaire, en un point quelconque A, à la droite Δ qui sépare P et P′. Nous le décomposerons en trois régions par deux droites isssues de A et qui seront déterminées de la manière suivante. Dans les deux régions extrêmes, nous adopterons des solutions du premier des deux genres indiqués dans notre Note précédente; et dans la région intermédiaire, nous adopterons une solution du second genre. Recherchons, par exemple, la solution du problème pour laquelle $(dN_\alpha/d\alpha)\geqq 0$, $T\leqq 0$. En écrivant que la somme des trois angles de sommet A est égale à π, on obtient l'équation

$$(1)\qquad \int_{N_1}^{N_2}\frac{dN}{\varphi(N)}+\text{arc tang}\,\varphi'(N_2)-\text{arc tang}\,\varphi'(N_1)=\pi,$$

où les arcs du premier membre sont compris entre 0 et $\pi/2$, et qui, d'ailleurs, est équivalente à

$$\int_{m_1}^{m_2}\frac{dm}{\eta}=\pi.$$

$m_1>p_0$ est l'abscisse du centre $(m_1, 0)$ de la circonférence passant par le point $(p_0, 0)$ et tangente à Γ en un point, d'abscisse N_1, qui correspond au passage de la première à la deuxième région; on détermine N_1 à l'aide de

$$m_1-\sqrt{f(2m_1)}=N_1+\varphi(N_1)\left[\varphi'(N_1)-\sqrt{1+\varphi'^2(N_1)}\right]=p_0.$$

m est l'abscisse de l'intersection de l'axe des N et de la normale à Γ en un point courant $[N, \varphi(N)]$; $\varphi'(N)=[d\varphi(N)/dN]$; η est l'ordonnée du point d'abscisse m, de la tangente à Γ au point $[N, \varphi(N)]$.

N_2 et m_2 correspondent au passage de la deuxième à la troisième région; on les détermine à l'aide de (1).

On a, pour la contrainte normale cherchée,

$$p=m_2+\sqrt{f(2m_2)}=N_2+\varphi(N_2)\left[\varphi'(N_2)+\sqrt{1+\varphi'^2(N_2)}\right].$$

Considérons le cas *particulier* où la moitié supérieure de Γ satisfait

à l'équation

(2) $$T^n = k(N - d);$$

n est entier ou non et > 1; $k > 0$ et d sont des constantes données; et N est $\geq d$.

Les résultats peuvent être mis sous la forme

(3) $$(p_0 - d)\left(\frac{n^n}{k}\right)^{\frac{1}{n-1}} = \left(1 - \frac{n\cos\theta_1}{1+\cos\theta_1}\right)\operatorname{tang}^{\frac{n}{n-1}}\theta_1 \qquad \left(\theta_1 < \frac{\pi}{2}\right);$$

(4) $$\frac{1}{n-1}\operatorname{tang}\theta_2 - \theta_2 = \frac{1}{n-1}\operatorname{tang}\theta_1 - \theta_1 + \pi \qquad \left(\theta_2 < \frac{\pi}{2}\right);$$

(5) $$(p - d)\left(\frac{n^n}{k}\right)^{\frac{1}{n-1}} = \left(1 + \frac{n\cos\theta_2}{1-\cos\theta_2}\right)\operatorname{tang}^{\frac{n}{n-1}}\theta_2.$$

Les équations (3) et (4) déterminent successivement θ_1 et θ_2, puis (5) donne p. Notons que θ_1 et θ_2 sont les angles aigus que forment avec l'axe des N les normales à Γ aux points correspondant aux passages de la première à la deuxième et de la deuxième à la troisième région.

L'approximation utile en pratique n'est pas bien grande, de sorte que la résolution de (3) et de (4) est rapide.

Si Γ est une *parabole du second degré* ($n = 2$), on a

(6) $$\cos\theta_1 = \frac{1}{1 + 2\sqrt{\frac{p_0 - d}{k}}},$$

(7) $$\operatorname{tang}\theta_2 - \theta_2 = \operatorname{tang}\theta_1 - \theta_1 + \pi,$$

(8) $$p = \frac{k}{4}\left(\frac{1+\cos\theta_2}{\cos\theta_2}\right)^2 + d.$$

Dans le cas de *l'hypothèse de Coulomb* $T = (N - d)\operatorname{tang}\varphi$, φ désignant ici un angle constant, on retrouve aisément la formule de M. Caquot :

$$p - d = (p_0 - d)\, e^{\pi \operatorname{tang}\varphi} \operatorname{tang}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Les divers problèmes du même genre peuvent être résolus *facilement*, d'une manière *analogue*.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les fréquences propres de vibration des ions négatifs de la molécule de l'hydrogène observées dans le domaine des ondes électriques courtes.* Note [1] de M. **Vitalie Majeru**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué [2] la méthode employée dans ces recherches et donné la description des appareils utilisés.

L'hydrogène à pression réduite est ionisé par un courant continu constant entre deux cylindres de même axe, en cuivre. Ces cylindres de longueur variable forment un résonateur qui vibre en quart d'onde et qui est accordé avec un oscillateur extérieur, à fréquence et intensité constantes, pendant la durée d'une mesure. En déterminant la longueur du résonateur avec et sans gaz ionisé, on peut connaître la vitesse de propagation des ondes électriques et ensuite l'indice de réfraction n du gaz ionisé. Comme on le sait, on peut admettre que n^2 est égal à la constante diélectrique k, si l'on néglige la variation de la vitesse de propagation des ondes avec la conductibilité du gaz ionisé.

On voit sur la figure la variation de la constante diélectrique en fonction de la longueur d'onde. Les deux courbes représentées sont déterminées dans les mêmes conditions de pression ($0^{mm},3$ de mercure). La courbe en trait plein correspond à une intensité de courant d'ionisation égale à 0,01 ampère par centimètre de longueur du tube. Celle en pointillé correspond à une intensité double.

Bien plus intéressante est l'étude de la conductibilité du gaz ionisé. Pour faire cette étude on détermine l'intensité du courant oscillant dans le résonateur avec et sans gaz ionisé. En variant la longueur du résonateur et en maintenant constantes la fréquence et l'intensité du courant de l'oscillateur, on trace une courbe de résonance. La courbe qui correspond au gaz ionisé est beaucoup plus aplatie que celle obtenue avec le même gaz non ionisé. Cette différence est due aux fuites du courant de haute fréquence entre les deux cylindres. Ces fuites sont d'autant plus grandes que la conductibilité du gaz ionisé est plus grande.

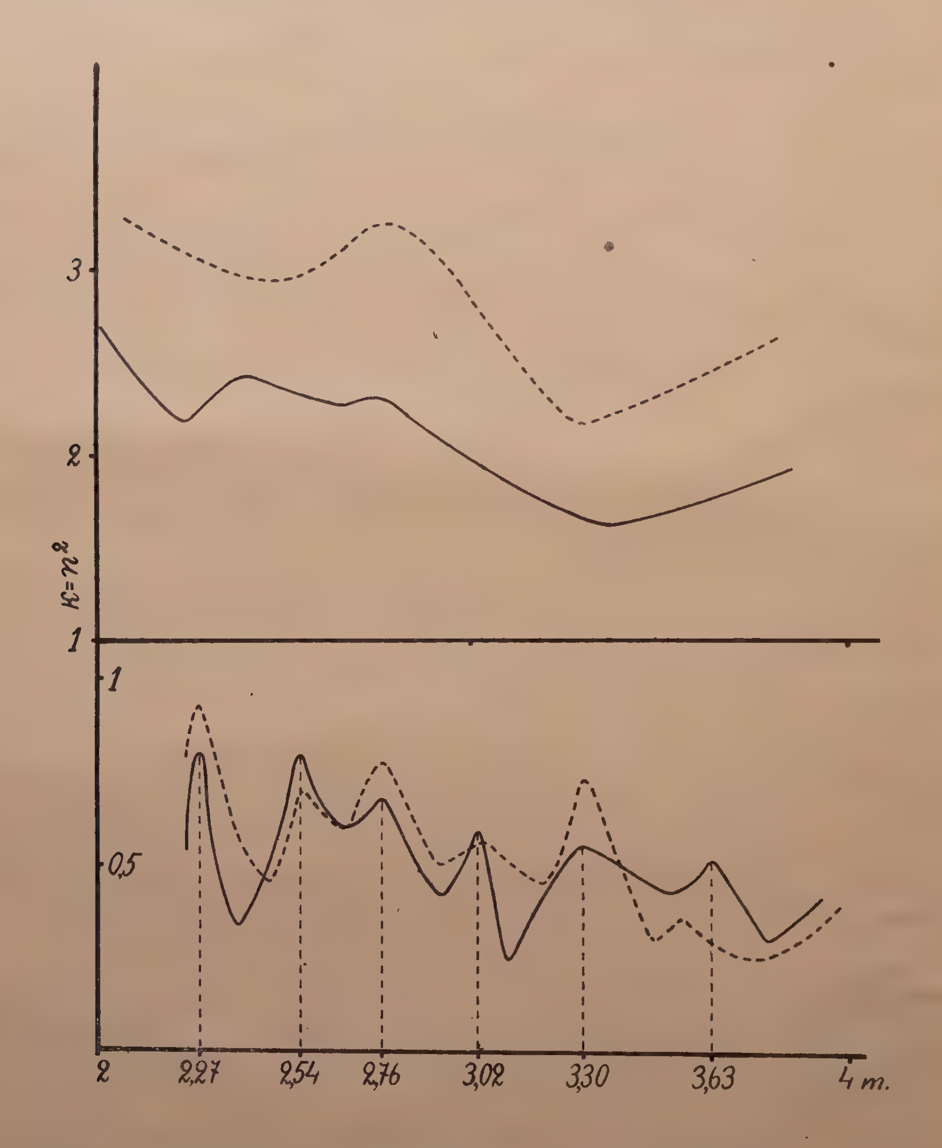
Si dans le gaz ionisé existe des oscillateurs qui ont la même fréquence de vibration que le résonateur, c'est-à-dire s'il existe des ions négatifs ayant

---

(1) Séance du 15 mai 1940.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 131.

la même fréquence propre que le résonateur, la conductibilité passe par un maximum ; donc, la courbe de résonance sera très amortie.



Les courbes, en bas de la figure, représentent, dans les conditions spécifiées ci-dessus, la variation de l'amortissement en fonction de la longueur d'onde. On observe qu'il y a plusieurs valeurs de la longueur d'onde pour

lesquelles l'amortissement est maximum. Ces longueurs d'onde sont les suivantes, ν représentant les fréquences qui leur correspondent :

λ....	$2^m,27$	$2^m,54$	$2^m,76$	$3^m,02$	$3^m,30$	$3^m,63$
ν....	$1,31.10^8$	$1,18.10^8$	$1,08.10^8$	$0,99.10^8$	$0,9.10^8$	$0,82.10^8$

GÉOLOGIE. — *La série sédimentaire au Sud-Ouest de Sohag* (*Haute-Égypte*). Note [1] de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. Charles Jacob.

A quelques kilomètres au Sud-Ouest de Sohag, les falaises nummulitiques se dressent en bordure de la zone des cultures où leur accès est particulièrement aisé; la coupe, dont on trouvera ci-après le détail, est prise en face du village de Nag'Hamad qui se situe au débouché d'un ouadi échancrant le plateau voisin où il se ramifie vers le Nord-Ouest et vers le Sud, sans pénétrer profondément dans le désert Lybique.

L'ouadi, dont le parcours, de la base au sommet, permet une observation méthodique de la série sédimentaire qu'il entame, est, à son embouchure, encombré par de véritables dunes qui en masquent le lit sur quelques centaines de mètres.

Les premières formations qui sortent des sables sont des couches grossièrement horizontales d'un calcaire blanc-grisâtre, où l'érosion alvéolaire ainsi que le morcellement en tous sens de la roche lui donnent un aspect bien particulier; on y trouve de gros rognons de silex, mais guère de fossiles.

Vient au-dessus un calcaire jaunâtre, en plaquettes, formant aussi la base d'une butte-témoin plantée verticalement dans l'ouadi, peu fossilifère comme le précédent.

Il est recouvert par un calcaire très dur, morcelé, avec rognons de silex à Foraminifères.

Plus haut encore, les couches deviennent plus blanches, plus tendres et plus riches en organismes; j'y ai récolté, en place, les Mollusques suivants : *Spondylus* sp. aff. *ægyptiacus* Newt., *Vulsella* cf. *crispata* Fisch., *Chama latilamellata* Bell., *Cytherea* cf. *connexa* M. E., *Lucina* sp., ainsi que des Échinides assez mal conservés, *Rhynchopygus* cf. *Thebensis* De Lor., *Brissopsis* sp.

La suite de cette succession comporte d'abord des lits de calcaire

[1] Séance du 10 juin 1940.

grisâtre plus dur, schisteux par endroits, renfermant encore des rognons de silex; ils sont bien développés dans la partie de l'ouadi où les deux berges, fort rapprochées, dessinent une gorge étroite. Les oursins ne sont pas rares à ce niveau, *Sismondia Logotheti* Fraas, *Brissopsis* sp.; vient alors une région de couches plus tendres et moins sombres, avec intercalations de marnes blanches feuilletées, puis de calcaires marneux, schisteux, grisâtres, couronnés eux-mêmes par un calcaire blanc-jaunâtre passablement crayeux et tendre, riche en Nummulites, *N. atacicus* Leym. A et B, *N.* cf. *granifer* Douv., avec *Thagastea Humei* Fourt., *Ostrea multicostata* Desh., *Ostrea aviola* M. E., *Cardita ægyptiaca* Fr., *Strombus* sp., etc.

La portion la plus élevée de cette série comprend, à partir du niveau précédent, un horizon de calcaire gris-jaunâtre, morcelé, avec rognons de silex, peu fossilifère, puis des calcaires marneux, rosés, plus tendres, que surmonte un banc de calcaire dur où l'érosion alvéolaire est de nouveau très affirmée.

Enfin, terminant la coupe et constituant la couche dans laquelle prennent naissance les premières découpures de l'ouadi, des couches de marnes calcaires blanches, de dureté très inégale, forment le plateau qui s'étend à l'infini vers le désert; vers le milieu de leur épaisseur, d'énormes masses de silex sont abondamment représentées, rappelant, par leurs formes arrondies, les « battikh » de la région comprise entre la vallée du Nil, plus au Nord et l'Oasis de Khargha; ces formations, plus fossilifères que les niveaux sous-jacents, sont essentiellement caractérisées par leur extrême richesse en plaque de Stellérides et *Sismondia Logotheti* Fraas, avec lesquels j'ai aussi recueilli *Metalia Mayeri* Fourt., *Echinolampas* cf. *Lycopolitanus* Fourt., *Schizaster* cf. *Santamariai* Gauth., *Heterospatangus Lefebvrei* De Lor. sp., *Thagastea Humei* Fourt.

Le plateau lui-même est recouvert d'innombrables silex brunâtres, souvent à organismes (Nummulites, Bivalves), étalés sur les dômes qui séparent les ouadis, épars sur la partie supérieure des pentes, accumulés par places dans de véritables poches plus ou moins profondes, creusées dans la couche tendre à *Sismondia* où ils forment des paquets noirâtres contrastant avec la blancheur des sédiments où ils se sont trouvés enfouis.

Un peu au Nord de Nag'Hamad, à proximité du monastère copte d'Amba Schnouda (Amba Bishaï sur les cartes), au pied de la falaise dont les couches sont, en plusieurs endroits exploitées pour la pierre à bâtir qu'elles fournissent, j'ai ramassé un certain nombre de fossiles qui, pour n'avoir

pas été prélevés *in situ*, n'en méritent pas moins d'être mentionnés; ce sont des formes qui appartiennent surtout à la région inférieure de la coupe précédente, à des niveaux qu'il m'est toutefois impossible de préciser; cela n'a d'ailleurs qu'une importance relative, la position stratigraphique de l'ensemble étant assez bien définie; j'y ai identifié les organismes suivants :

Nummulites atacicus Leym., *Sismondia Logotheti* Fraas, *Metalia Mayeri* Fourt., *Ostrea multicostata* Desh., *Gryphæa pharaonica* Opp., *Vulsella* cf. *crispata* Fisch., *Spondylus* sp., *Mytilus Thebaicus* Opp., *Chama latilamellata* Bell., *Corbis laxilamella* M. E., *Lucina metablata* Cossm., *Lucina* cf. *perornata* Bay., *Cytherea* cf. *propensa* M. E., *Cardium halaënse* d'Arch., *Cardita ægyptiaca* Fraas, *Psammobia* sp., *Natica* sp., *Turritella* sp., *Tudicla* cf., *Ramses* Cuv., avec un énorme *Nautilus* indéterminé, des plaques de Stellérides et de nombreux articles d'appendices de Crustacés.

L'ensemble de la série stratigraphique ainsi détaillée correspond à une épaisseur totale d'environ 200 mètres au-dessus des terres en culture; elle appartient entièrement à la portion récente de l'Éocène inférieur, englobant, d'une part, les couches représentées dans la portion supérieure des falaises situées à l'Est de Girga, plus au Sud, d'autre part, les niveaux de base du Gebel Drounka, près d'Assiout, avec des formations intermédiaires entre ces deux extrêmes. Leur faune, où se retrouvent quelques formes qui passent dans le Lutétien, comprend surtout des représentants de l'Yprésien supérieur.

Quant aux cailloutis épars sur le plateau, ils sont bien plus récents et contemporains des périodes de grandes précipitations qui ont donné à l'Égypte les grandes lignes de sa topographie actuelle, après le creusement de la vallée du Nil. Ils ont leur équivalent dans les alluvions caillouteuses bien plus puissamment développées dans la région de Qéna et plus au Sud où j'ai eu l'occasion de les signaler dans plusieurs localités.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur la polarité des tissus du tubercule de Carotte.* Note (¹) de M. **Roger Gautheret**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons signalé antérieurement que, si l'on dispose une tranche de Carotte dans un milieu nutritif, elle se développe en produisant un cal

(1) Séance du 10 juin 1940.

volumineux; ce cal est localisé sur la face apicale, c'est-à-dire sur la face qui est tournée vers la racine, lorsque le prélèvement n'a pas encore été effectué et que la tranche fait partie intégrante du tubercule; la face opposée (qui dans le tubercule entier est tournée vers les feuilles) ne s'accroît pas.

Nous avons d'autre part montré que des cals semblables peuvent être obtenus en cultivant de petits fragments de tissus de Carotte dans un milieu sucré renfermant de l'acide indol-β-acétique, à la concentration de 10^{-8}. Dans ces conditions, on n'observe pas de polarité du développement, mais c'est le tissu situé au contact du substratum qui prolifère et se transforme en cal.

Si la concentration d'hétéro-auxine est de l'ordre de 10^{-6}, il ne se forme pas de cal, mais une multitude de racines apparaissent sur le tissu.

Si l'on tient compte du fait que le tubercule de Carotte renferme normalement de l'hétéro-auxine (acide indol-butyrique), ainsi que cela a été établi par Lefèvre, il est permis de supposer que c'est cette substance qui provoque la formation de cals à la surface des tranches isolées. On peut même penser que le transport de l'hétéro-auxine s'opère dans une direction privilégiée (sens feuilles-racines) et que la substance excitante, s'accumulant sur la face apicale de la tranche isolée, provoque par conséquent la prolifération des tissus de cette face, cette hypothèse explique la remarquable dissymétrie du développement que nous avons signalée.

Afin de vérifier cette hypothèse nous avons réalisé l'expérience suivante qui nous a renseigné sur le sens de circulation de l'hétéro-auxine dans les tissus.

Des prismes de tissus sont découpés aseptiquement dans une Carotte en veillant à ce que leur axe soit parallèle à l'axe du tubercule lui-même. Ces prismes sont alors disposés debout, à la surface de milieux nutritifs gélosés renfermant 2 % de glucose et une concentration d'acide indol-β-acétique comprise entre 10^{-9} et 10^{-4}. Certains prismes sont placés de manière que leur face apicale soit au contact du milieu, d'autres, inversement, de manière que leur face proximale soit au contact du substratum. Les culture se développent activement et présentent au bout de 20 jours des caractères remarquables. Les prismes cultivés sur un milieu renfermant une concentration de 10^{-6} d'hétéro-auxine se sont accrus d'une manière différente selon que la partie disposée au contact du substratum est la face apicale ou la face proximale.

Si la région proximale est au contact du milieu, elle forme quelques racines sous l'action de la substance excitante, mais la face apicale, bien que fort éloignée du substratum, produit un grand nombre de racines; ceci montre non seulement que le fragment de Carotte a absorbé l'hétéro-auxine, mais que celle-ci s'est déplacée au sein du tissu dans le sens feuille-racines. Si au contraire la face apicale du prisme est au contact du milieu, elle produit quelques racines, mais on n'observe jamais la formation de racines sur la face opposée, ce qui montre que l'hétéro-auxine ne peut circuler dans le sens racines-feuilles. Ces conclusions vérifient donc l'hypothèse que nous avons formulée plus haut relativement au sens de circulation de l'hétéro-auxine au sein des tissus de tubercule de Carotte. Si le milieu renferme une concentration d'hétéro-auxine de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-8}, les résultats sont analogues. Si la concentration est de 10^{-9}, il ne se forme aucune racine. Si au contraire la concentration de l'acide indol-β-acétique dans le milieu est supérieure à 10^{-6} et de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-4}, des racines prennent naissance en n'importe quel point du tissu. Il semble donc que dans ces conditions le sens privilégié de circulation de l'hétéro-auxine soit abrogé et qu'il y ait une simple diffusion de la substance active dans toutes les directions. Nous avons répété ces expériences sur des prismes plus ou moins allongés et même sur des tranches isolées; les résultats ont toujours été comparables. Nous avons ensuite opéré sur des plantes plus ou moins âgées, depuis de très jeunes tubercules jusqu'à des tubercules âgés de plus d'un an, en train de produire des bourgeons ou mêmes munis de leurs tiges feuillées de seconde année. Nous avons pu ainsi constater que la polarité du développement de tranches isolées aussi bien que le sens de circulation de l'hétéro-auxine dans les tissus ne dépendent pas de l'âge des tissus.

Nous avons essayé de modifier la polarité en centrifugeant les tubercules avant d'opérer les prélèvements. Des tissus de tubercules soumis à une centrifugation de 8000 T. M. pendant 30 minutes, conservent leur polarité quelle que soit la direction dans laquelle on fait agir la force centrifuge.

Pour terminer, nous avons recherché si les sucres circulent aussi dans une direction privilégiée ou s'ils diffusent simplement dans tout le tissu. Pour cela, nous avons répété nos expériences en cultivant des prismes de Carotte à la surface de milieux dépourvus d'hétéro-auxine et renfermant

1 à 5 % de glucose. Comme précédemment, certains prismes reposaient sur la surface par leur face apicale, d'autres, par leur face proximale. Au bout de 3 semaines, nous prélevions des fragments de tissus dans les régions les plus éloignées du substratum et nous dosions le sucre qu'ils contenaient. La concentration en glucose des tissus était légèrement supérieure à celle du milieu et, dans tous les cas indépendante de la position des prismes par rapport au milieu nutritif; le glucose diffuse, par conséquent dans toutes les directions, contrairement à l'acide indol-β-acétique.

En résumé, nos expériences prouvent que la circulation d'hétéro-auxine dans les tissus de carotte s'opère dans une direction privilégiée, correspondant au sens feuilles-racines. Cette circulation polarisée ne dépend pas de l'âge des tissus. Elle n'est pas influencée par la force centrifuge. La polarité du développement de tranches isolées de carotte est une simple résultante de la polarité de circulation de l'hétéro-auxine dans les tissus.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'apparition de mutations tétraploïdes chez l'Aubergine, le Piment, le Rutabaga, le Soja, la Betterave et la Poirée, après application de colchicine.* Note [1] de MM. **Marc Simonet**, **Robert Chopinet** et Mlle **Françoise Armenzoni**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dès 1938 nous avons obtenu, après application de la colchicine, d'une part des variations géantes et tétraploïdes chez *Petunia*, *Linum usitatissimum* et *Raphanus*, *Brassica*, *Vinca* et *Linum grandiflorum* [2]; d'autre part des mutations octoploïdes chez *Petunia* et *Raphanus*; enfin un certain nombre de plantes traitées, non encore fleuries, présentant pour la plupart les modifications caractéristiques de la polyploïdie [2]. Des variations géantes ont été notées chez *Solanum Melongena* L. (Aubergine violette longue hâtive), *Capsicum annuum* L. (Piment rouge long ordinaire), *Brassica campestris* L. var. *Napobrassica* D. C. (Rutabaga ovale), *Glycine Soja* Sieb. et Zucc. (Tokio noir n° 1), *Beta vulgaris* L. (sucrière améliorée

(1) Séance du 3 juin 1940.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1832; 207, 1938, p. 85-87; 209, 1939, p. 238 et *C. R. Acad. Agr.*, 24, 1938, p. 846.

Vilmorin A) et *B. chilensis* hort. (Poirée suisse et Poirée verte à couper), variétés d'origine Vilmorin.

Les traitements ont été opérés, dès après la germination, en badigeonnant la plumule, à deux reprises et à 4-5 jours d'intervalle, avec une gelée de 30 % d'agar-agar additionnée à volume égal d'une solution aqueuse de colchicine à 2 %. Après un arrêt de la végétation d'une durée d'un mois environ, souvent suivi d'une mortalité qui peut atteindre 50 % chez des plantes très sensibles (Rutabaga), certaines pousses présentèrent des modifications foliaires et ce sont elles qui ont donné naissance, dans des proportions d'ailleurs fort variables, aux mutants tétraploïdes; sur 100 plantes traitées de chaque lot, 2 Rutabagas, 6 Betteraves, 4 Poirées, 2 Sojas, 4 Aubergines et 15 Piments ont montré la polyploïdie.

L'examen microscopique du pollen est un moyen d'analyse beaucoup plus sûr, le volume des grains étant double de celui des plantes diploïdes. Tous les mutants observés sont tétraploïdes : *Solanum Melongena* et *Capsicum annuum*, $n = 24$; *Brassica campestris* var. *Napobrassica*, $n = 38$; *Glycine Soja*, $2n = 80$; *Beta vulgaris* et *Beta chilensis*, $n = 18$.

La métaphase hétérotypique n'a pu être étudiée que chez le Piment. A ce stade, outre la présence assez fréquente de 24 bivalents, nous avons constaté l'existence d'un certain nombre d'éléments uni, bi, tri et tétravalents; irrégularités qui traduisent à une distribution anormale des chromosomes à la métaphase homéotypique, où, à côté de cellules normales à $24 + 24$, on note une répartition irrégulière des chromosomes à $25 + 23$ et $24 + 23 + 1$. De même, chez les *Beta* nous avons trouvé $18 + 18$ et $19 + 17$. Les tétrades présentent souvent quelques cellules surnuméraires et le pollen de toutes ces plantes ne contient plus que 70 à 75 % de grains bien conformés. Des graines fertiles ont été récoltées en assez grande quantité; celles des *Beta* sont en voie de maturation.

Toutes ces variations tétraploïdes ont leurs organes végétatifs caractérisés par un certain gigantisme dans la taille des feuilles, des boutons, des fleurs et surtout des graines. A l'exception de la Betterave qui, dans les mêmes conditions, a déjà donné des pousses tétraploïdes (F. Schwanitz, J. Frandsen, J. Rasmusson et A. Levan), toutes les variations que nous signalons sont nouvelles. Ainsi, en ce qui concerne la production des plantes polyploïdes, l'efficacité des applications de colchicine n'est-elle plus douteuse.

Quant à la fertilité des mutants, signalons que, si celle-ci est parfois

réduite, nous n'avons jamais observé de stérilité complète. Lorsque l'autostérilité existe, elle est identique chez les types tétraploïdes à celle des plantes diploïdes dont ils dérivent ; l'entrecroisement de plusieurs mutants entre eux et plus simplement leur libre fécondation permettent d'obvier à cet accident. Tous nos mutants de 1938 ont actuellement une deuxième ou une troisième génération.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.